Aus der I. Medizinischen Universitäts-Klinik Berlin.
Direktor: Professor Dr. R. Siebeck.

Über die Bedeutung des negativen Druckes im Thorax für den Kreislauf

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung der medizinischen Doktorwürde an der Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin

vorgelegt von

Saul Machover

aus New York.

Tag der Promotion: 20. Mai 1937.

Buchdruckerei u. Verlagsanstalt Rudolph Pfau, Berlin NW 7, Luisenstr. 21

M 75

Gedruckt mit Genehmigung
der
Medizinischen Fakultät der Universität Berlin.

Dekan: Prof. Dr. Siebeck
Referent: Prof. Dr. v. den Velden
Korreferent: Prof. Dr. Siebeck

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Einteilung.

I. Wie entsteht der intrathorakale Druck? 5

II. Wie wirkt der intrathorakale Druck auf:

A. Rückstrom des venösen Blutes 6

B. Füllung des kleinen Kreislaufs 10

C. Füllung des linken Herzens 11

III. Wodurch wird der intrathorakale Druck verändert: 12

A. beim normalen Thorax

beim kranken Thorax 13

B. bei normalen Lungen

bei kranken Lungen (Emphysem) 15

C. bei normaler Pleura

bei kranker Pleura (Pneumothorax) 17

D. beim normalen Zwerchfell

beim kranken Zwerchfell 18

IV. Einfluß des Hustens und Pressens auf den Kreislauf 21

Literaturangaben 24

I. Wie entsteht der intrathorakale Druck?

Um die Beziehungen bei der Entstehung des intrathorakalen Druckes zu verstehen, gehen wir am besten von den Verhältnissen bei einem einigen Tage alten Neugeborenen aus. Von diesem Zeitpunkt an teilen fast alle Autoren dieselbe Ansicht über die Entstehung des negativen Druckes im Pleuraraum mit Ausnahme von der Einstellung von Hellin.

Namhafte Autoren wie Abderhalden und Tendeloo gehen von der Annahme aus, daß ein Mißverhältnis zwischen Thoraxraum und Lungenvolumen zu Gunsten des Thoraxumfanges besteht. Dieser Unterschied wird, was ganz richtig ist, mit dem Weiterwachstum immer ausgeprägter. Die Lungen, da sie luftdicht eingeschlossen sind, werden durch den atmosphärischen Druck auf den Bronchialbaum passiv gedehnt und schmiegen die zu schnell wachsende Brustwand an, obwohl sie das Bestreben haben, vermöge ihrer Elastizität, zu einer entspannten Lage zurückzukehren. Als Beweis für diese Ansicht wird die Tatsache angeführt, daß die Lungen vermöge eben dieser Elastizität nach Eröffnen der Brusthöhle sich zurückziehen. Dadurch, daß die Lungen gedehnt werden, entsteht an dem Pleuraspalt ein virtueller, negativer Druck, dessen Vorhandensein mehrfach durch Messungen bestätigt wurde (u. a. Donders, Heynsius). Tendeloo führt allerdings umfassender aus, daß der intrathorakale Druck durch die gegenseitige Beeinflussung der Dehnungsgrößen des gespannten Brustkorbes, Zwerchfelles und der Lungen zustandekommt, in anderen Worten, daß eine Gleichgewichtslage zwischen Lungen, Thoraxelastizität und Zwerchfellspannung besteht, und daß daher die Beeinflussung einer dieser drei Elastizitätsgrößen auch in gleichem Maße die anderen Größen beeinflussen muß.

Ich möchte an dieser Stelle anführen, daß Engel in den ersten Monaten eine Uebergröße der Lungen gegenüber dem Thorax angibt, erkenntlich an den interkostalen Wülsten auf der Lunge bei der Obduktion von Säuglingen. Er hat leider das Alter von den Säuglingen nicht angegeben.

Ueber die Verhältnisse bei dem Neugeborenen nach der ersten Inspiration ist man über theoretische Ueberlegungen nicht hinausgekommen. Nach Hellin und Bernstein (zit. n. Höber) fallen bekanntlich beim Neugeborenen bis zum achten Tage die Lungen bei Eröffnung des Brustkorbes nicht zusammen. Folgerichtig konnten sie nicht überdehnt sein. Hellin führt weiter aus: „Daraus geht hervor, daß eine Ueberdehnung der Lunge für das erfolgreiche Funktionieren derselben gar nicht nötig ist, und schon fällt die ganze, jetzt geltende Theorie zusammen.“ In diesem Zusammenhang allerdings muß man nicht vergessen, daß die Atmung beim Neugeborenen vorwiegend eine diaphragmale ist.

Erfochten wird auch der Grund, warum die Lunge nach der ersten Inspiration sich nicht bei der folgenden Exspiration zusammensinkt. Manche glauben, daß die Bronchioli dort, wo sie in die Infundibula übergehen, zusammenfallen und so den Luftaustritt nach Art eines Ventilballons absperren. (Keller und Hermann). Andere nehmen einen vitalen Tonus der Lungen abhängig vom Vagus, der die Lungenspannung erhält, an. (Rosenbach, Sauerbruch n. Rost).

II. Wie wirkt der intrathorakale Druck auf:

A. Rückstrom des venösen Blutes.
B. Füllung des kleinen Kreislaufes.
C. Füllung des linken Herzens.

ad A.) Um die Verhältnisse über den Rückstrom des venösen Blutes nach dem rechten Herzen zu übersehen, muß man die Verhältnisse an der oberen und unteren Hohlvene auseinanderhalten. Was die obere Hohlvene anbelangt, nimmt man im Allgemeinen an, daß der negative intrathorakale Druck den Kreislauf fördert, indem der geringere Druck in den intrathorakalen Venen die Druckgefälle in der Richtung des rechten Herzens unterhält. Es ist also in der Ruhelage des Thorax für den kleinen Kreislauf durch die Statik allein schon eine große Erleichterung geschaffen.

Die Hauptbedeutung des Brustkorbes für den Kreislauf liegt jedoch vorwiegend in der Brustkorbmechanik, die durch Erweiterung und Verengerung der Brusthöhle gewissermaßen eine Saugung des Blutes nach dem rechten Herzen resp. ein Pressen des Blutes aus dem linken Herzen unterstützt. Dieser Einfluß der Atmung auf die Zirkulation ist unbestreitbar, weil das Abschwellen der Halsvenen bei tiefer Einatmung und das Anschwellen beim Pressen jeder ohne weiteres ablesen kann. Weiterhin wird der Rückfluß unterstützt, da der negative Druck den rechten relativ dehnungsfähigen Vorhof mehr Blut aufnehmen läßt. Zum Beispiel, sagt Bruns, daß der negative intrathorakale Druck zweifellos die schwache Elastizitätsdiastole verstärkt und die diastolische Blutfüllung der Herzhöhle vermehrt. Nach Wenckebach kann man eine Vergrößerung des Herzschattens während starker Inspiration bei den meisten Menschen wahrnehmen. Holzknecht und Hofbauer zeigten röntgenologisch, daß der rechte Vorhof am größten und der linke Ventrikel am geringsten beeinflußt werden. Weiter stellten sie fest: „Diese respiratorischen Schwankungen der Herzgröße sind weitaus bedeutender als die durch die Tätigkeit des Herzmuskels veranlaßten. Letztere sind den großen respiratorischen Schwankungen lediglich aufgesetzt und sind allem Anscheine nach trotz ihrer größeren Häufigkeit viel weniger bestimmend auf die Herzgröße als die durch die Atmung bedingte."

Ferner konnte Bruns durch das Unterdruckverfahren am Menschen, wodurch der negative intrathorakale Druck stark erhöht wird, zeigen, daß der Kreislauf mechanisch und statisch unterstützt wird. Er stellte ein sofortiges Sinken des Armvolumens durch den Plethysmographen und ein rapides Sinken des Venendruckes fest. Das beweist, daß eine rasche und ausgiebige Ansaugung des Venenblutes und eine dauernde Beschleunigung der venösen Zirkulation stattgefunden hat. Durch diesen vermehrten Zufluß kommt es zu einer tonogenen Erweiterung des rechten Herzens mit entsprechender Mehrfüllung; außerdem zu einer Erhöhung des Schlagvolumens. Auch statisch wird der Kreislauf unterstützt. Nach Bruns, „führt die Luftverdünnung im Alveolargebiet zu einer Erweiterung des Lungenkapillarsystems. Durch diese bedeutende Verringerung der Widerstände im venösen Kreislauf wird für das Venenblut ein

starkes statisches Gefälle nach den Lungenkapillaren als dem Ort des niedersten Druckes geschaffen."

Bei der unteren Hohlvene liegen die Verhältnisse nicht so klar an der Hand, weil sie der direkten Beobachtung nicht zugänglich sind. Daß der Kreislauf in bedeutender Weise vom Zwerchfell unterstützt wird, darüber sind jedoch alle Autoren einig. Wir dürfen das schon aus der Tatsache schließen, daß man die Thrombose bei Fettsüchtigen und nach abdominellen Operationen als Zeichen des Darniederliegens der Funktion des Zwerchfells häufiger antrifft.

Die folgenden Darstellungen von dem normalen Einfluß des Zwerchfells auf den Kreislauf halten sich an die Ausführungen von Wenckebach, der in den Hauptpunkten allgemeine Anerkennungen genießt. Während der Inspiration kontrahiert sich auf nervösem Wege das Zwerchfell und bei seinem Tiefertreten dehnt es einerseits die Lungen und drückt andererseits die Bauchorgane tiefer. Die Raumvergrößerung im Brustkorb verursacht eine Ansaugung von Blut in den Thorax. Diese Blutbewegung, meint Wenckebach, wird nun wesentlich unterstützt, weil durch die Zwerchfellbewegung der Bauchinhalt unter höheren Druck gestellt wird, vorausgesetzt, daß die Bauchdecken einen normalen Tonus besitzen und sich beim Druck auf den Bauchinhalt spannen. Auf dies Zusammenspiel von Zwerchfell und Bauchmuskeln komme ich später noch zurück.

Wenckebach führt unter anderem das Experiment von Hill als Beweis an: „Bringt man ein narkotisiertes Kaninchen in aufrechte Stellung, so sinkt nach einigen Minuten der Aortendruck, die Atembewegungen nehmen ab und das Herz wird fast ganz blutleer. Kompression des Abdomens beseitigt diese schweren Symptome."

Tigerstedt (zit. n. Benninghoff) und andere sprechen dem erhöhten intraabdominellen Druck die Hauptrolle für den Abfluß des Blutes der unteren Hohlvene nach dem Herzen zu. Mettenleiter schreibt der Saugkraft die bedeutendere Rolle zu, weil nach ihm der intraabdominelle Druck im Vergleich mit den Druckänderungen im Thorax sehr schwankend und gering ist. Er fand nämlich bei gewöhnlicher Atmung eine inspiratorische Drucksteigerung im Abdomen von nur 2—4 mm Wasser gegenüber dem negativen Druck von 60—80 mm Wasser im

Thorax. Holzknecht und Hofbauer betonen auch die bedeutendere Rolle der Retraktion und damit verbunden die Saugkraft der Lungen gegenüber dem Wert des Bauchtonus. Aus der Anschwellung der Beinvenen bei der Einatmung (Mosso nach Benninghoff) muß man allerdings dem erhöhten, intraabdominellen Druck einen gewissen Einfluß zuteilkommen lassen. (Wenckebach). Auch die Versuche von Hill's sprechen für die Bedeutung des Tonus der Bauchmuskulatur. Benninghoff meint auch, daß bei der Einatmung eine vermehrte Ansaugung des Lebervenenblutes vom Thorax aus stattfindet.

Ueber die aktive, unmittelbare Rolle des Zwerchfells bei der Beförderung des Blutes führt Wenckebach folgendes aus: Das tiefertretende Zwerchfell komprimiert die blutreiche Leber und preßt sie wie ein Schwamm aus. Infolge der Druckverhältnisse kann das Blut nicht zurück und findet den Weg zum Brustkorb offen, wird sogar, wie schon angeführt, durch geringeren Druck dahingeleitet, also eine doppelte Förderung des venösen Rückflusses zum Herzen. Betreffs der Exspiration führt er aus: „Während des Ausatmens wird der Bauchinhalt vom Druck entlastet, es kann das Blut während dieser Periode in die Bauchgefäße hineinströmen, um bei der nächsten Inspiration wieder in den Brustkorb hineingepreßt und -gesogen zu werden.

Diese Auffassung hat Wenckebach auf Grund klinischer Betrachtungen ausgebaut und stützte sich weiterhin auf die sorgfältigen, anatomischen Untersuchungen von Keith und Hasse. Keith bewies, daß die Hauptfunktion des Zwerchfells bei den niederen Vertebraten in die Beförderung der Rückströmung des Blutes liegt. Hasse wies unter anderem die häufige Einmündung der Lebervene in die untere Hohlvene oberhalb des Zwerchfells und schrieb ihr bei der Einatmung eine bedeutende Rolle zur erhöhten Abströmung des Blutes aus der Lebervene in den hyperphrenischen Abschnitt der unteren Hohlvene zu. Zugleich bewies er eine Rückstauung des Blutes im Gebiete des peripheren, hypophrenischen Abschnittes der Vena Cava Inferior, sowie im Gebiete der Pfortader. Benninghoff dagegen führt aus, daß es ohne weiteres nicht einzusehen ist, warum bei einem Druck auf die Leber das Blut nur nach den Lebervenen und nicht nach der Pfortader und die anderen Bauchvenen, die ja klappenlos sind, ausweichen soll. Anlehnend an Untersuchungen von K. J. Franklin meint er, eine Behinderung

des Rückflusses während der Inspiration anzunehmen, wenn sie bestätigt werden können. Franklin (zit. n. Benninghoff) hat zwar beim Tiefertreten des Zwerchfells während der Einatmung eine Längsdehnung des thorakalen Abschnittes der unteren Hohlvene bei gleichzeitiger Abnahme der Kapazität nachgewiesen. In diesem Zusammenhang hat aber schon Mettenleiter an der Sauerbruch'schen Klinik Versuche angestellt und ist zu dem Resultat gekommen, daß der thorakale Abschnitt der unteren Hohlvene zwar gedehnt wird, aber er errechnete, daß die resultierende Verlängerung der Vene zu einem vermehrten Inhalt dieser und folglich zu einer Vermehrung des Zustroms des venösen Blutes aus der Bauchhöhle führen mußte.

ad B.) Bei der Erhöhung des negativen intrathorakalen Druckes während der Inspiration wird außer der Dehnung der Lungen ein Einfluß auf die Lungengefäße ausgeübt, nämlich sie werden nach Bruns, de Jager und Ebert gestreckt und verlängert und dadurch wird ihre Kapazität zur Aufnahme von Blut vermehrt. Bruns meint sogar, daß in diesen erweiterten Gefäßen durch die gleichzeitige intraalveolare Luftdruckerniedrigung, Blut angesaugt wird. Wir haben hiermit einen zweiten Moment für die Unterstützung des Blutabflusses nach dem linken Herzen als dem Ort des geringsten Widerstandes, der ganz unabhängig von der Herztätigkeit ist. Allerdings spielt diese Ansaugung nur eine untergeordnete Rolle im Verhältnis zum Blutdruck. (Ebert). Jedoch macht Hoffman (zit. n. Bruns) diesen Fortfall der Saugkraft der Lungen für die Mehrarbeit des rechten Herzens bei Emphysem verantwortlich und nicht die ganz allmähliche Obliteration von Lungenkapillaren. Schließlich sollen die Lungenvenen sich weiter dehnen als die Lungenarterien, was die Druckgefälle nach dem linken Herzen begünstigen soll (Bruns, de Jager).

Bei seinen Untersuchungen über die Durchblutung der Lungen bei dem Vorgang der Exspiration hat Ebert in Situ Ueberdruck angewandt und fand dabei ein Ansteigen des Druckes im rechten Ventrikel als Ausdruck einer Verengerung der Strombahn des kleinen Kreislaufes. Gleichzeitig ergaben seine Untersuchungen ein Abfall des Druckes in der Karotis, ein Zeichen, daß die Füllung des linken Herzens schlecht war. Damit wäre Cloetta's Standpunkt, daß die Lungen während der Ex-

spiration gut durchblutet seien, widerlegt. Ferner hat Bruns eine Hypertrophie des rechten Ventrikels bei Tieren mit einseitigem Pneumothorax festgestellt; es muß also durch die Lungenatelektase eine Einengung des Kreislaufs verursacht worden sein. Cloetta's Ansicht, daß die Lungen im Beginn der Inspiration am besten durchblutet seien, stimmt mit dem Befund von Ebert überein. Cloetta und Tendeloo zeigten jedoch, daß die Lunge auf der Höhe der Inspiration am schlechtesten durchblutet sei, und jener macht dies für die Hypertrophie des rechten Ventrikels bei Emphysem verantwortlich. Wie Ebert aber betonte, ist der Zustand der Inspirations- und Exspirationsstellung von dem Vorgang jeweiliger Inspiration und Exspiration, was uns in erster Linie hier interessiert, zu unterscheiden. Schon früher hat Bruns auf diesen Unterschied hingewiesen. Nach ihm muß man Einatmungsbewegung von Einatmungsstellung auseinanderhalten. Er führt an, daß während der Einatmungsbewegung innerhalb der Alveolen negativer Druck herrscht. In der Inspirationsstellung dagegen behauptet er, daß Atmosphärendruck in den Alveolen herrscht, der die, während des Einatmungsvorganges erweiterte Kapillare wieder einengt, und dadurch das Blut nach dem linken Herzen weitertreibt. Bei den Versuchen von Ebert ist während des Einatmungsvorganges die Blutzirkulation durch die Lungen begünstigt; während der Exspiration jedoch erschwert.

Ein Wort über die Versuchsanordnungen. Cloetta kam zu seinen Folgerungen aus plethysmographischen Messungen an den Hundelungen, und außerdem hat er den Druck im rechten Ventrikel und in der Karotis aufgezeichnet. Ebert's Versuche hatten gleiche Anordnungen, aber streng nach den physiologischen Verhältnissen gerichtet. Bruns hat die Menge des Blutfarbstoffes in den atelektatischen und den ausgedehnten Lungen gemessen; Staehelin weist auf die Schwierigkeit seiner Methodik hin.

Man muß zum Schluß die Frage, in welcher Respirationsphase die Lunge besser durchblutet ist, noch als nicht eindeutig beantwortet hinstellen, obwohl es ziemlich allgemein angenommen wird, daß die Lunge bei dem Vorgang der Einatmung besser durchblutet wird als bei der Ausatmung.

ad II C.) Der Einfluß des intrathorakalen Druckes auf dem linken Herzen im Vergleich zu dem rechten Herzen ist gering.

Doch läßt sich, wie Herbst an Patienten zeigte, ein unzweideutiger Einfluß erkennen. Er beobachtete, daß das Schlagvolumen bereits in der zweiten Hälfte der Einatmungsbewegung zu wachsen beginnt, im ersten Teil der Ausatmungsphase erreicht es dann ein Maximum und beginnt noch während der Ausatmung wieder zu sinken, um im ersten Teil der nächstfolgenden Einatmung seinen kleinsten Wert zu erreichen. Früher herrschte allgemein die Ansicht, daß der positive Druck im Thorax bei der Ausatmung die Systole und damit das Schlagvolumen während der Ausatmung erhöhte.

Im Einzelnen erklärt Herbst den Einfluß der Atembewegungen folgendermaßen: Im Anfang der Inspiration wird durch die Ausdehnung der Lungen die Kapazität der Lungengefäße vergrößert. Wegen der Größe der Lungenstrombahn kann sich der vermehrte Zustrom von Blut für das Schlagvolumen noch nicht bemerkbar machen. Wenn das erweiterte Strombett im weiteren Verlauf der Einatmung mit Blut aufgefüllt ist, fließt auch dem linken Herzen mehr Blut zu und das Schlagvolumen steigt an. Zu Beginn der Ausatmung kommt noch die Verkleinerung des Brustkorbes dazu, und die Lunge wird gewissermaßen ausgepreßt, das linke Herz bekommt noch mehr Blut, das Schlagvolumen steigt im ersten Teil der Ausatmungsphase weiter an. Allmählich kommt aber die Verkleinerung des venösen Zustroms durch Erhöhung des intrathorakalen Druckes zur Geltung; noch in der zweiten Hälfte der Ausatmung beginnt das Schlagvolumen wieder zu sinken. Herbst bestimmte das Schlagvolumen des linken Herzens mit der Brömser'schen Methode und seine Resultate an Menschen befinden sich in voller Uebereinstimmung mit den Anschauungen von de Jager und Bruns über die Lungenfüllung, die wir früher anführten.

III. Wodurch wird der intrathorakale Druck verändert:

A. beim normalen Thorax,
„ kranken Thorax.
B. bei normalen Lungen,
„ kranken Lungen (Emphysem).
C. bei normaler Pleura,
„ kranker Pleura (Pneumothorax).
D. beim normalen Zwerchfell,
„ kranken Zwerchfell.

III. A) Wodurch wird der intrathorakale Druck verändert beim normalen Thorax, beim kranken Thorax?

Bei der Besprechung, wie der kranke Thorax den intrathorakalen Druck verändert, muß man erst einen kurzen Abriß des normalen anatomischen, wie physiologischen Verhaltens des Brustkorbes, vorausschicken. Die Rippen stehen einerseits mit der Wirbelsäule durch zwei Gelenke in Verbindung, und andererseits sind sie mittels Knorpelanteilen zum Teil direkt, zum Teil indirekt dem Brustbein angefügt. Besonders hervorzuheben ist der Unterschied der Verbindung zwischen der ersten und den anderen Rippenknorpeln vorne am Brustbein. Der erste Rippenknorpel ist fast ausnahmslos ohne Gelenkbildung mit dem Manubrium Sterni verbunden. (von den Velden). Die anderen Gelenkknorpel dagegen sind mit dem Sternum durch ein Gelenk verbunden, mit Ausnahme der fünf letzten Rippen, von denen die siebente bis zwölfte sich jeweils mit ihren Knorpeln an den Knorpeln der vorhergehenden anlegen, eventuell auch frei fluktuieren können. Von den Velden hebt noch einen anderen Unterschied zwischen dem ersten und den anderen Rippenknorpeln hervor. Die Rippenknorpel sind in der Ruhelage oder Mittellage schon leicht torquiert. Während in der Exspiration sämtliche Knorpel eine spiralige Torsion erkennen lassen, die bei der inspiratorischen Hebung der Rippen ausgeglichen wird, findet sich an der ersten Rippe ein grader Verlauf im Exspirium und erst im Inspirium eine spiralige Torsion.

Bei der ruhigen Einatmung spielt das Zwerchfell die Hauptrolle, in zweiter Linie die Mm. Intercostales externi und die Mm. Intercartilaginei, die auf die Rippen einwirken. Dadurch, daß die Drehungsachse der beiden hinteren Gelenkverbindungen der Rippen mit dem Brustwirbel schräg nach vorn verlaufen, werden die Rippen sowohl nach außen und nach vorn, wie nach oben gedreht bzw. gehoben, und zwar die oberen Rippen vorwiegend nach außen und vorn, die unteren, die keine Verbindung mit dem Sternum eingehen, nach außen. Da die Rippen vorn mit dem Sternum gelenkig verbunden sind, und deswegen nur eine geringe Beweglichkeit möglich ist, werden die Rippenknorpel bei der inspiratorischen Hebung torquiert, am stärksten natürlich der gelenklose kurze erste, der sich

inspiratorisch spiralig gestaltet, während die anderen, wie schon erwähnt, inspiratorisch eben werden. Dadurch wird in den Knorpeln ein Spannungszustand hervorgerufen, der bei Nachlaß der inspiratorischen Muskelkontraktion die Rippenringe wieder in ihre Ausgangsstellung zurückfedern läßt.

Sobald die Muskelkräfte, die bei der Erweiterung des Brustkorbes tätig waren, erschlaffen, setzt die Exspirationsphase fast passiv ein. Die Lungen ziehen das erschlaffte Zwerchfell nach sich und die Energie, aufgespeichert durch die elastische Torsion der Rippenknorpel und die Schwerkraft des Brustkorbes bei aufrechter Stellung bewirken die Rückkehr des Brustkorbes zu seiner Ausgangsstellung. Die Mm. Interkostales Interni sollen zum Teil aktiv an dem ruhigen Exspirium teilnehmen, (Du Bois Reymond zit. n. von den Velden), vor allem gegen Ende der Exspirationsphase.

Wir gehen jetzt zur Besprechung der krankhaften Veränderungen am Thorax, und zwar nur diejenigen, die primär entstehen. W. A. Freund hat durch anatomische Untersuchungen bestimmte Degenerationszustände an den Rippenknorpeln erkannt und die Kliniker darauf aufmerksam gemacht. Er beschrieb eine Entartung der Rippenknorpel, die mit einer Auflockerung, Zerfaserung und Höhlenbildung des Knorpels einhergeht. Diese pathologischen Veränderungen führen zur Auftreibung und Volumzunahme mit gleichzeitigem Verlust der Elastizität des Knorpels. Man muß diese Veränderungen wohl von den senilen Zuständen, die mit Vaskularisation, Verkalkung und Markraumbildung einhergehen, unterscheiden. Die Veränderungen von Freund können schon im ersten Dezennium auftreten und ziehen schwerere Funktionsverluste nach sich.

Aus den einleitenden Betrachtungen sind die Folgen dieser Knorpelalteration, die nach den Messungen von Freund mit einer Verlängerung des Knorpels von 1,2 cm einhergeht, ohne weiteres abzuleiten. Wenn die Knorpelalteration beiderseitig ist, wird der Brustkorb gehoben und die Rippen in Inspirationsstellung gehalten, also zu einer mehr oder minder Immobilisation des Brustkorbes in Inspirationsstellung je nach der Ausbreitung des Prozesses. (Starr dilatierte Thorax). Damit wird die Hebung der Rippen bei dem Vorgang der Inspiration eingeschränkt; vor allem wird das exspiratorische Zurückfedern der Rippen entsprechend dem Elastizitätsverlust des Knorpels

gestört sein, so daß das Exspirium vorwiegend auf muskulärem Wege erfolgen muß.

Die Folgen für den Kreislauf liegen klar an der Hand. Durch Einschränkung der Thoraxbewegung fällt natürlich der Einfluß der Erhöhung des negativen Druckes bei dem Einatmungsvorgang ganz weg. Das Zwerchfell leidet auch mit der Zeit, weil es durch die fixierte Erweiterung der unteren Apertur des Thorax andauernd gedehnt und allmählich abgeplattet wird. Den Teil des Zwerchfells an der Beförderung des Kreislaufes haben wir genügend gewürdigt und die Störungen, die bei seinem Ausfall auftreten müssen, werden wir später ausführen.

Loeschke stimmt im Ganzen mit Freund überein, nur glaubt er bewiesen zu haben, daß „die Verlängerung des Rippenknorpels nicht das primär erkrankende im Thorax ist, sondern eine Folge einer Kyphosenbildung der Brustwirbelsäule, die ihrerseits notwendigerweise eine starre, starre Dilatation des Thorax zur Folge haben muß." Er unterstützt seine Annahme durch sehr schöne anatomische Präparate, die eine Erweiterung des Thorax in der sternovertebralen Richtung zeigen. Den Grund dafür glaubt Loeschke in die, durch die Kyphosenbildung bedingte Umformung der Rippenringe im Sinne einer längsovalen annähernd kreisförmigen Gestalt zu finden. Die größere Entfernung der sternovertebralen Strecke, erklärt er auch verantwortlich für die von Freund und anderen beobachtete Ueberdehnung des Zwerchfells. Loeschke zeigte weiterhin an Modellen, daß die oberhalb des Buckels gelegenen Rippen in Inspirationsstellung, die unterhalb gelegenen in Exspirationsstellung zu stehen kommen. Nicht ohne weiteres einleuchtend ist, wie die Starre in dieser Stellung ohne Rippenveränderung zustandekommt.

Der Vollständigkeit halber erwähne ich noch den Einfluß von Erkrankungen der Rippenwirbelgelenke auf die Form des Thorax (v. Salis). Wenckebach beschrieb eine eigenartige Brustkorbform. Er fand in ein paar Fällen eine scharfe Knickung einiger Rippen dort, wo sie mit den Processi transversi der Wirbeln Gelenke bilden. Die Rippen verlaufen steil nach unten, dadurch steht das Zwerchfell sehr tief. Wenckebach fand diese Anomalie oft bei flachem phthisischem Thorax.

ad III. B) Bei der Besprechung der Entstehung des negativen Donder'schen Druckes haben wir die Mitbeteiligung der

Lungen in ihrer Elastizität gesehen. Die normale Elastizität ermöglicht die Anpassung der Atmung und damit verbunden der Zirkulation an alle Anforderungen des täglichen Lebens. Bei vermehrter Körperarbeit können die Lungen sich ergiebig dehnen, und infolgedessen nehmen die Druckschwankungen nach der Seite der Inspiration und Exspiration zu. Dadurch wird auch eine größere Menge Blut von dem rechten und linken Ventrikel verarbeitet.

In demselben Maße ist das nicht möglich, wenn die Lungen geschädigt sind. Ich verzichte auf den Streitpunkt, ob die Elastizität der Lungen primär, oder durch eine Stenose in den Bronchien oder durch Thoraxdeformitäten entsteht. Sicher ist, die Ursache in mehr als einen Komponenten zu suchen. Was uns in erster Linie interessiert, sind die Folgen der Blähung, des Starrwerdens der Lungen, auf den Kreislauf.

Zunächst leidet die Füllung des rechten Herzens, weil die Saugfunktion eine sehr mangelhafte ist. Man muß dies genügend würdigen, da die Leistung des Herzens, seine Auswurfmenge, in letzter Linie von der Blutmenge, die ihm zufließt, abhängig ist. Zweitens findet man, wenn wir das Emphysem als Prototyp der Lungenblähung aufstellen, eine allmähliche Atrophie des Gewebes, die mit einem Schwund der die Kapillaren tragenden Alveolarwände verbunden sind; natürlich sind mit den Alveolarsepten Blutkapillaren untergegangen. Dadurch wird der Widerstand im kleinen Kreislauf erhöht und erklärt wohl die Anämie der Lungen (Krehl), oder man konnte diese extreme Exspirationsstellung mit der konsequenten Ueberdehnung der Lungenkapillaren dafür verantwortlich machen (Cloetta). Jedenfalls kommt es zu einer Mehrbelastung des rechten Herzens; wenn es suffizient ist, dilatiert es tonogen und wirft unter erhöhtem Druck wiederum die frühere Blutmenge aus. Das Schicksal des Kranken hängt schließlich von der Leistung seines Motors ab.

Sobald eine Mehrforderung verlangt wird, sieht man die Dyspnoe als Zeichen der weniger guten Ventilation der Lungen auftreten. Siebeck erklärt die Dyspnoe durch die schlechte Durchlüftung der Lungen, weil in den starreren Alveolarbezirken die Luft nur wenig erneuert wird, und zu mangelnder Arterialisierung des Blutes führt. Durch die höhere CO_2-Spannung im Blute entsteht als Anpassung an die veränderten Bedingungen

in den Lungen eine Zunahme der Atemgröße. Da die Lungen aber starrer sind, müssen die Atembewegungen mit größerer Anstrengung geschehen, was für das Herz nicht gleichgültig ist. Die fast immer begleitende Bronchitis übt auch einen schädlichen Einfluß auf das Herz aus. An anderer Stelle sind die Folgen der dadurch veranlaßten Hustenanfälle besprochen.

ad III. C) Die Erhaltung des negativen Druckes von 6 mm Hg. im intrathorakalen Raum ist teilweise an der Adhäsion der Pleura parietalis mit der Pleura visceralis gebunden. Bei dem Pneumothorax ist dieses Aneinanderkleben der Pleurablätter aufgehoben, und man findet im allgemeinen eine Erniedrigung des intrathorakalen Druckes bis zu Atmosphärendruck. Infolgedessen fällt die Erleichterung durch die Saugfunktion der Lungen weg. Wie wir gesehen haben, hat Bruns bewiesen, daß die atelektatische Lunge schlechter durchblutet ist als die entfaltete, und er meint an Hand von Tierversuchen, daß die Einengung der Lungenkapillaren für die Hypertrophie des rechten Ventrikels nach eines 3—5 Monate dauernden Pneumothorax verantwortlich ist. Es wurde auch beim Menschen, die einen Pneumothorax jahrelang getragen haben, eine Hypertrophie des rechten Ventrikels festgestellt. (Carlström nach Rothberger). Gerhardt glaubt die Kreislauferschwerungen in der Behinderung des Blutzuflusses zum rechten Vorhof zu sehen, aber Bruns bewies das als unbedeutsam.

Im übrigen ist es erstaunlich, wie wenig oder gar nicht die Leistung des Kaninchens mit einseitig geschlossenem oder einseitig offenem Pneumothorax beeinträchtigt wird. Der Grund liegt darin, daß sich durch vertiefte Atmung ein Ausgleich einstellt. Bruns stellte das fest, indem er die Leistungen von Pneumothoraxtieren und Kontrolltieren im Göpelwerk verglich. Außerdem weiß man seit Gerhardt, daß die Lungenstrombahn bis $^2/_3$ ihrer Volumen eingeengt sein muß, ehe eine Blutdrucksteigerung in der Arteria Pulmonalis eintritt.

Bei dem Hund dagegen sind die Verhältnisse ganz anders, weil hier die ganze Mediastinalscheidewand durch die anatomische Befestigung leicht nachgibt. Dadurch kommt es zu Mediastinalflattern bei der In- und Exspiration, so daß die atmende Lunge an Ausdehnung während der Inspiration und an Verkleinerung während der Exspiration verhindert wird. Die Lunge pendelt nur als Ganzes hin und her, führt aber keine

Atembewegungen aus, und das Tier erstickt in wenigen Minuten unter dem Zeichen schwerster Zyanose.

Das Mediastinum des Menschen ist nicht so starr wie bei dem Kaninchen, aber bedeutend mehr als beim Hunde. Bei Tuberkulose, wo der Pneumothorax angewandt wird, ist meist das Mediastinum durch die vorhergegangene tuberkulöse Entzündung noch starrer geworden, so daß es den Verhältnissen bei Kaninchen ähnlich ist. Bei einigen Fällen mit ausgedehnter Thorakoplastik hat man jedoch Mediastinalflattern beobachtet, erkenntlich an der paradoxen Atmung.

Bruns weist auf die kompensatorische Rolle des Zwerchfells hin, indem es durch seine Kontraktion die Mediastinalblätter angespannt hält und so den Lungen einen besseren Stützpunkt zur Entfaltung bietet. Er konnte beim Druck auf das Abdomen vom Kaninchen, das einen offenen Pneumothorax hatte, heftige Dyspnoe und Unruhe sofort hervorrufen, weil dadurch das Zwerchfell in die Höhe gedrängt wurde und zu stärkerem Mediastinalflottieren führte.

ad III. D) Wir haben schon die normale Rolle des Zwerchfells in der Beförderung des Kreislaufes beschrieben, und ich möchte jetzt ein paar pathologische Bilder anführen. Am besten bekannt ist der Zwerchfelltiefstand bei der Enteroptose. Bei ihr sind die Beschwerden charakteristisch für ein Herzleiden, und Aerzte, die nicht darauf aufmerksam gemacht worden sind, diagnostizieren oft eine Aneurysma aortae u. dgl., weil bei letzterer manche Symptome der Enteroptose ähnlich sind. Am auffälligsten sind die Symptome arterieller Anämie: baldige Ermüdung, Schwindelgefühl, fahle Augen, bleiches Antlitz, kalte Extremitäten und ein kleiner, frequenter, nicht immer weicher Puls. Wenn eine Anämie und eine Herzkrankheit auszuschließen ist, „wo befindet sich dann das Blut, welches zu wenig in den Arterien ist?“ Ich habe schon das Zusammenspiel von Bauchmuskeln und Zwerchfell zur Beförderung des Kreislaufs hervorgehoben, und man ist hier gezwungen, an eine Insuffizienz dieses Systems und ein Zuviel an Blut in den geräumigen Bauchgefäßen zu denken. Im Einzelnen stellte Wenckebach im Röntgenbild den Tiefstand des Zwerchfells und die Geringfügigkeit seines Ausschlages fest. Gleichzeitig konstatierte er, wie das Herz als langes, schmales Organ tief herunterlag (Cor pendulum), da es seine Unterlage verloren hatte. Bei Inspiration in ein

paar ausgeprägten Fällen von Enteroptose konnte er zwischen Herz- und Leberschatten hindurch den letzten Brustwirbel sehen.

Weiterhin ging Wenckebach auf die Bedeutung der Bauchwandmuskulatur bei der Enteroptose ein. Er erkennt den minimalen Druck im Oberbauch an, aber hebt hervor, daß es nicht so sehr auf diese Messung, wie auf das Verhältnis des Raumes in der Bauchhöhle zu dem Umfang der Bauchorgane, oder in anderen Worten auf das Verhältnis der Kontraktion der Bauchmuskeln zu der Füllung der Bauchhöhle ankommt. Wenn zum Beispiel die Bauchdecken zu schlaff sind, kann das Zwerchfell nicht genügend in die Höhe getrieben werden. Das Zwerchfell wird infolgedessen nicht genügend gespannt, und seine Kontraktion bei der darauffolgenden Inspiration nicht kräftig genug geschehen, ja, es kann sogar zum gänzlichen Ausfall der Zwerchfelltätigkeit kommen. Andererseits, wenn der Umfang der Bauchorgane durch Fettverlust zum Beispiel abgenommen hat und trotzdem der normale Tonus der Bauchmuskulatur besteht, reicht es nicht aus, das Zwerchfell genügend in die Höhe zu treiben und wiederum entsteht eine „relative Insuffizienz" des Zwerchfells. Infolge der mangelhaften und fehlenden Zwerchfelltätigkeit zeigten die Enteroptosepatienten von Wenckebach eine eigentümliche Haltung. Der obere Brustteil ist stark gewölbt wie in Inspirationsstellung, während der untere Teil (zwei Drittel der Thoraxlänge) wirklich verengt erscheint (Thorax piriformis). Das Zwerchfell ist wie gelähmt, und die untere Thoraxhälfte wird nicht gehoben und erweitert wie bei normaler Zwerchfelltätigkeit (Duchenne nach Wenckebach). Die Einatmung geschieht rein kostal, vermittels der auxiliären Halsmuskeln, die eine Hebung des ganzen Brustkorbes bewirken. Im Röntgenbild sah Wenckebach bei ausgesprochenen Fällen von Enteroptosen, daß bei tiefer angestrengter Atmung das Zwerchfell in die Höhe stieg, statt sich zu senken (Paradoxe Atmung bei Enteroptose). Die kräftige Tätigkeit des Musc. Transversus kann die Störung einigermaßen kompensieren, indem es die Bauchwand einzieht, den Bauchraum verringert und das Zwerchfell in seiner Tätigkeit, die untere Apertur zu heben und erweitern, unterstützt. Hierdurch kann man sich, sagt Wenckebach, von dem Antagonismus zwischen Bauchmuskulatur und Zwerchfell und „von der Rich-

tigkeit der englischen Bezeichnung des Musc. Transversus als natürliche Bauchbinde (nature's belt) überzeugen."

Von den Störungen in der Zirkulation kann man sich leicht ein Bild an Hand der einleitenden Erörterungen über die zirkulatorische Bedeutung einer guten Zwerchfell- und Bauchmuskeltätigkeit machen. Die Pumpwirkung auf die Bauchgefäße geht verloren, und das Blut sackt sich im Splanchnikusgebiet. Die Saugfunktion leidet auch, weil die Zwerchfellbewegungen minimal sind. Wenckebach konstatierte bei einigen Fällen vom hochgradigen Tiefstand mit stark hängendem Herzen, daß die Halsvenen bei der Inspiration anschwollen, statt sich zu entleeren. Natürlich ist diese „Einflußstauung" nicht so hochgradig wie bei der Concretio Pericardii oder Ummauerung des Herzens, wo das Herz sich überhaupt nicht ausdehnen kann. Jedoch besteht hier auch eine unzureichende Füllung des rechten Herzens bei vermehrten Anforderungen. Auf ein zweites Symptom, das eng mit der schlechten Füllung zusammenhängt, nämlich auf das Kleinerwerden der Radialis bei der Inspiration, möchte ich kurz hinweisen (Pulsus paradoxus). Wenckebach erklärt dieses Verhalten aus der Tatsache, daß das hängende Herz während der Inspiration noch mehr zu hängen kommt, so daß weniger Blut von dem ungünstig gelagerten Herzen verarbeitet werden kann.

Daß diese Zusammenhänge tatsächlich stimmen, beweisen die verblüffenden Erfolge mit der ganz elastischen Glenard'schen Binde, die Wenckebach in geeigneten Fällen (schlaffe und erweiterte Bauchmuskeln) anwendete. Nach ihm ist ihre Wirkung folgende: „Sie drängt, als künstliche Bauchwand, die Baucheingeweide in die Höhe, wölbt Epigastrium und Zwerchfell, die Zwerchfellatmung wird wieder hergestellt und dadurch der anormalen oder sogar paradoxen Atmung ein Ende gemacht. Der zirkulatorische Effekt der Respiration tritt wieder auf, das Herz liegt wieder mit breiter Fläche auf seiner Unterlage, das Hängen desselben hört auf und das paradoxe Verhalten der Halsvenen verschwindet."

Zweitens interessiert uns noch der Zwerchfellhochstand. Loeschke sagt, daß der Zwerchfellstand durch die Differenz im Innendruck des Brust- und Bauchraumes bedingt ist. Bei Ascites, bei umfangreichen Tumoren, bei Meteorismus, bei starkem Fettansatz, bei Leber- und Milzvergrößerungen, wird

die Bauchwand hervorgewölbt und das Zwerchfell in die Höhe getrieben. Das Zwerchfell hat mehr Mühe, den Bauchinhalt nach abwärts zu drängen, da ja die schon gedehnte Bauchwand weniger nachgibt. Die Brusthöhle kann sich also nicht in dem Maße wie normalerweise vergrößern, die Lungen werden entspannt, und die Zirkulation leidet, weil die Saugfunktion geringer ist. Eine beträchtliche Erhöhung des Druckes in der Bauchhöhle, infolge der mangelhaften Zwerchfellbewegung kann nicht erzielt werden, und die Pumpwirkung des Zwerchfelles ist ebenfalls verringert. Diese Fälle werden oft verkannt, weil die, durch die Bauchauftreibung gesetzte Zirkulationsstörungen wenig ins Auge fallen und an Herzschwäche oder Nerveneinfluß gedacht wird, wo nur einfache, mechanische Mißverhältnisse vorliegen.

IV. Einfluß des Hustens und Pressens auf den Kreislauf.

Ehe ich auf den Einfluß des Hustens auf den Kreislauf eingehe, möchte ich die mechanischen Vorgänge beim Husten vorausschicken. Das Husten ist ein komplizierter Reflex; nach Staehelin sind drei Phasen zu unterscheiden: 1. eine Inspirationsbewegung vor dem eigentlichen Hustenstoß, 2. eine Exspirationsbewegung bei geschlossener Stimmritze, 3. öffnen der Stimmritze, wobei die Luft mit großer Geschwindigkeit ausströmt.

Der Effekt der ersten Phase, der Inspirationsbewegung, besteht darin, den Brustkorb in eine günstige Stellung für die nächstfolgenden Phasen zu bringen. Die zweite Phase entspricht genau den Verhältnissen wie beim Valsalva'schen Versuch. Der Glottis ist zu und mit Hilfe der Bauchmuskeln wird der Bauchinhalt und das Zwerchfell emporgedrängt, mit dem Resultat, daß der Luftdruck in der unteren Hälfte des Thorax stark erhöht wird. Da die obere Thoraxpartie starr eingeschlossen ist, wird hier keine solche Druckerhöhung erzielt. Infolgedessen strömt die Luft aus den unteren Partien der Lungen in die oberen ein, und bläht diese auf, soweit die entgegenstehenden Widerstände es zulassen. Das Thoraxskelett gibt minimal nach, aber die Lungenspitzen und die mediastinalen und die sternal-parasternalen Alveolen, die von Weichteilen begrenzt sind, geben eher nach. Davon kann man sich bei den Emphysematikern überzeugen, wo oft faustgroße Aus-

buchtungen in den Supraclavikulargruben bei Hustenanfällen auftreten können. Durch diese Aufblähung der oberen Partie mit Erhöhung des intrapulmonalen Druckes werden die großen Venen und die Vorhöfe des Herzens komprimiert.

Worin liegt denn die teleologische Bedeutung des Hustens? In der dritten Phase wird die Stimmritze plötzlich geöffnet, und die unter starkem Druck stehende Lungenluft schießt plötzlich hinaus und schleudert dabei Fremdkörper nach außen; dadurch verhindert es Schädigungen, die die Fremdkörper verursachen könnten.

Worin liegen denn die Nachteile? Der erhöhte Thoraxdruck bei jedem starken Hustenstoß komprimiert, wie wir gesehen haben, die großen Venen und die Vorhöfe. Es entsteht dadurch eine „Einflußstauung", erkenntlich an den geschwollenen Halsvenen und am zyanotischen Gesicht. Man sieht beim Valsalva'schen Versuch, was einer langdauernden Hustenattacke entspricht, eine Verkleinerung des Herzens im Röntgenbild. (Kraus, Dietlin, Bruck). Diese Verkleinerung des Herzens besteht nicht nur während der diastolischen Füllung, sondern das Herz ist auch relativ kleiner während der systolischen Zusammenziehung (Bruck). Gerhardt (n. Rothberger) stellte an kurarisierten Tieren fest, daß eine Steigerung des Alveolendruckes um 8—10 mm Hg. ein sofortiges Abfallen des Karotisdruckes hervorrief. Nach Wiedergabe der Atmung sieht man, wie das Herz sich beträchtlich nach rechts verbreitert (Curschmann und Schlayer). Bruck glaubt, daß diese plötzliche Kraftleistung das Herz schon in doppelter Weise schädigt, einmal durch die Kompression, die mit mangelhafter Blutzufuhr einhergeht, andererseits durch die plötzliche Dehnung nach Aufhören der Anstrengung. Bürger konnte zum Beispiel zeigen, daß man bei einem einmaligen Valsalva'schen Versuch von 20 Sekunden Dauer bei Asthenikern mit konstitutionellem, kleinem Herzen schon ein Kollaps hervorrufen kann. Er aber hält den erhöhten Widerstand bzw. Unterbrechung im Lungenkreislauf verantwortlich für den Kollaps, während Bruck die mangelhafte Füllung von den Halsvenen betonte. Aus den Untersuchungen Romanoffs (zit. n. Staehelin) kann schon eine relative geringe Erhöhung des Thoraxdruckes eine erhebliche Verlangsamung des Blutstromes in der Lunge hervorrufen. Unter Umständen tritt als Folge der Stauung in den Lungen eine Hamoptyoe auf

und gar nicht selten findet man Konjunktivalblutungen bei den Keuchhustenanfällen.

Man muß aus alledem den Schluß ziehen, daß die Hustenanfälle bei Bronchitis und Asthma die Lungenzirkulation momentan erschwert oder sogar unterbricht, und daß dieser erhöhte Widerstand im kleinen Kreislauf nicht ohne nachteiligen Einfluß auf das rechte Herz bleibt. Es wird sogar bei manchen Autoren für die Vergrößerung des rechten Herzens bei Emphysem schuldig gemacht und der Schluß daraus gezogen, daß er mit allen Mitteln bekämpft werden muß.

Zum Schluß gestatte ich mir, Herrn Prof. v. den Velden für die Ueberlassung des Themas und seine Ratschläge meinen ergebensten Dank auszusprechen.

Literaturangaben.

1. Hellin, D.: Virchows Archiv 144.
2. Tendeloo: Studien über die Entstehung und den Verlauf der Lungenkrankheiten. 2. Aufl.
3. Abderhalden: Lehrbuch der Physiologie. Band 2.
4. Engel, S.: Handbuch der Kinderheilkunde (Pfaundler u. Schloßmann). Band 2.
5. Höber: Lehrbuch der Physiologie.
6. Bernstein, J.: Virchows Archiv 17.
7. Hermann und Keller: Virchows Archiv 20.
8. Rost: Pathologische Physiologie der Chirurgen. 1923.
9. Holzknecht und Hofbauer: Mitteilungen aus dem Laboratorium für radiologische Diagnostik und Therapie. 1907.
10. Bruns: Münchener Med. Wochenschrift 1910 (Nr. 42).
11. Mettenleiter: Deutsche Zeitschrift für Chirurgie 188.
12. Benninghoff: Nauheimer Fortbildungs-Lehrgänge. Band 11.
13. Wenckebach: Sammlung klinischer Vorträge. 1907—1908.
14. Ebert: Archiv für experimentelle Pathologie und Pharmakologie. Band 75.
15. Cloetta: Archiv für experimentelle Pathologie und Pharmakologie. Band 66, 77.
16. Tendeloo: Ergebnisse der inneren Medizin und Kinderheilkunde. 1910.
17. Bruns: Deutsches Archiv für klinische Medizin 108.
18. Herbst: Nauheimer Fortbildungs-Lehrgänge. Band 11.
19. von den Velden: Starr dilatierte Thorax. 1910.
20. Freund, W. A.: Ueber primäre Thoraxanomalien speziell über die starre Dilatation des Thorax. 1906.
21. Loeschke: Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte. Münster 1912.
22. Loeschke: Verhandlungen der Deutschen Pathologischen Gesellschaft. 1913.
23. Krehl: Pathologische Physiologie. 1935.
24. Siebeck: Nauheimer Fortbildungs-Lehrgänge. Band 11.
25. Rothberger-Lüdke und Schlayer's „Lehrbuch der Pathologischen Physiologie".
26. Bruns: Beiträge zur Klinik der Tuberkulose. Band 12.
27. Staehelin: Jahreskurse für ärztliche Fortbildung. Februarheft 1914.
28 Kraus: Deutsche medizinische Wochenschrift. 1905.
29. Dietlen: Deutsches Archiv für klinische Medizin. 1907 (91).
30. Bruck: Deutsches Archiv für klinische Medizin. 1909 (97).
31. Curschmann und Schlayer: Deutsche med. Wschr. 1905.

Lebenslauf.

Ich, Saul Machover, geboren am 11. November 1909 zu New York, USA, habe die Public Schools bis 1923 besucht und im Anschluß daran bis Januar 1927 die „Thomas Jefferson High School" absolviert.

Vom Januar 1927 bis zum Juni 1930 war ich an der Columbia Universität und der Universität zu Pennsylvania immatrikuliert; von der letzteren erhielt ich den Grad eines „Baccalaurei in Artibus liberalibus".

Seit 1931 studierte ich in Deutschland und zwar hatte ich drei Semester an der Universität zu Heidelberg und sechs Semester an der Friedrich Wilhelms-Universität zu Berlin belegt. Die ärztliche Vorprüfung bestand ich im August 1933 vor dem Prüfungsausschuß in Heidelberg und das Staatsexamen vor dem Prüfungsausschuß in Berlin am 12. Februar 1937.